

*В. С. Костарев, Д. Н. Литвинов, Н. Аристов, О. Л. Ташлыков,  
В. А. Климова*

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

[slavakostarev@yandex.ru](mailto:slavakostarev@yandex.ru)

## ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ НАРАБОТКИ ИЗОТОПОВ

*В работе представлены результаты твердотельного моделирования мишени для наработки изотопов в составе облучательного устройства. Приведены результаты гидравлического моделирования для изотермического течения жидкости при различных компоновках устройств в облучательном канале реактора.*

Ключевые слова: *твердотельное моделирование; радиоактивные изотопы; облучательное устройство; гидравлическое моделирование.*

*V. S. Kostarev, D. N. Litvinov, N. Aristov, O. L. Tashlykov, V. A. Klimova*

Ural Federal University, Ekaterinburg

[slavakostarev@yandex.ru](mailto:slavakostarev@yandex.ru)

## THERMOHYDRAULIC SIMULATION OF IRRADIATION DEVICES FOR ISOTOPE PRODUCTION

*The paper presents the results of simulation of a target for isotope production as a part of irradiation device. The results of hydraulic simulation for isothermal flow are given for several variants of the device placement in the irradiation channel of the nuclear reactor.*

Key words: *computer simulation; radioactive isotopes; irradiation device; simulation of hydraulics.*

Компьютерное моделирование с использованием пакетов вычислительной гидродинамики является эффективным средством оценки условия протекания теплогидравлических процессов и поиска решений по интенсификации этих процессов [1–3].

Целью представленной работы является теплогидравлический анализ работы облучательного устройства для наработки радиоактивных изотопов в исследовательском реакторе [4] с помощью компьютерного моделирования.

Для достижения целей моделирования решались следующие задачи:

- 1) создание твердотельной модели камеры;
- 2) определение параметров компьютерного моделирования в SolidWorks Flow Simulation;
- 3) проведение верификационного расчета;
- 4) анализ результатов.

За основу при моделировании была взята мишень для наработки изотопов на 10 мест. Конструкция мишени приведена на рис. 1.

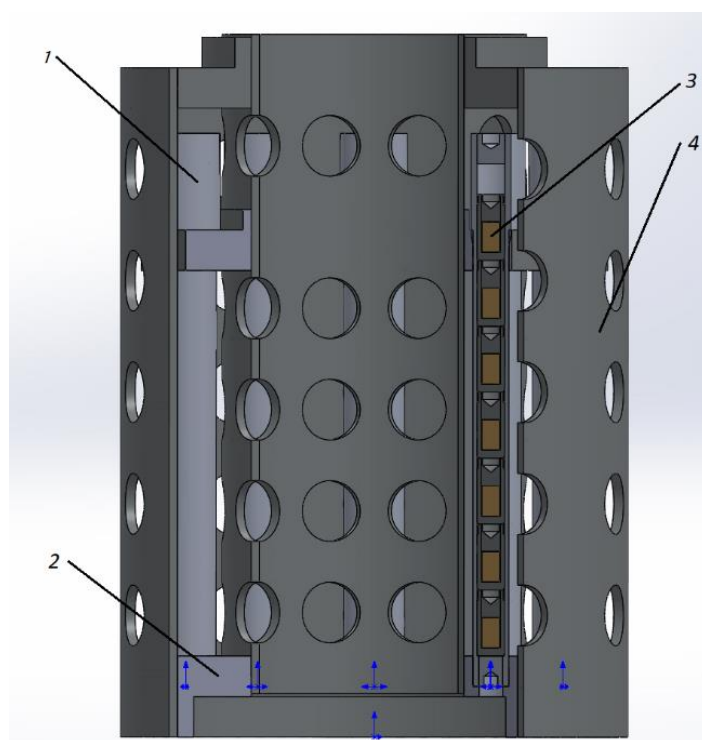


Рис. 1. Модель мишени, построенная в Solidworks: 1 – сборка с целевыми капсулами; 2 – сепаратор на 10 мест; 3 – целевая капсула с исходным изотопом; 4 – цилиндрическая обечайка

Гидравлическое моделирование проводилось для одной, двух и трех мишеней, расположенных последовательно. Мишени находились в шестигранном защитном кожухе, через который организован поток теплоносителя (воды).

Расчет проводился с использованием пакета Solidworks Flow Simulation. Для моделирования гидродинамики здесь используются усредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса в формулировке сохранения энергии, углового момента и массы в декартовой системе координат. Методика верифицирована в других работах авторов [5–6]. При расчете рассматривалась внутренняя задача – изотермическое течение воды в облучательном канале реактора. В качестве начальных параметров задавалась скорость воды на входе в канал и давление на выходе из канала. Расчет проводился на мелкой сетке (7 уровень).

В результате моделирования была получена картина распределения течения жидкости в сечении, а также перепады давления между сечениями мишеней (рис. 2).

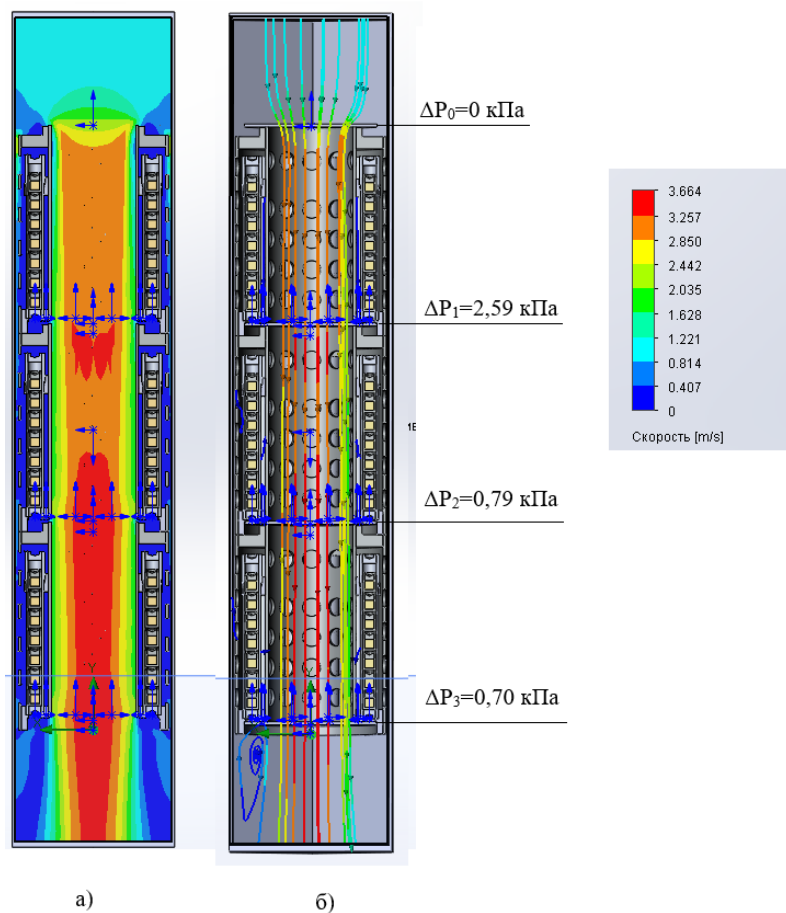


Рис. 2. Результаты гидравлического моделирования: а – распределение скоростей в сечении канала; б – траектории потока в канале

Моделирование позволяет выявить недостатки в геометрии модели и устранить их, а также сформулировать необходимый набор

граничных условий для неизотермического варианта течения. В дальнейшем планируется провести моделирование с учетом энерговыделения во внутренних капсулах с исходными изотопами.

#### Список использованных источников

1. Шумков Д. Е., Климова В. А., Ташлыков О. Л., Селезнев Е. Н. Повышение надежности охлаждения облученных топливных сборок ИЯР ИВВ-2М в шахте-хранилище // Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2017 : тезисы докладов IV Международной молодежной научной конференции (Секции 3, 4, 5) Екатеринбург : УрФУ, 2017. С. 122–123.
2. Цесаренко И. А., Орлов К. Е., Климова В. А., Ташлыков О. Л. Создание твердотельной модели натриевого парогенератора для моделирования теплогидравлических процессов // Труды второй научно-технической конференции молодых ученых Уральского энергетического института. Екатеринбург : УрФУ, 2017. С. 377–379.
3. Литвинов Д. Н., Севастьянов М. М., Куртеев А. В., Климова В. А., Ташлыков О. Л. Моделирование теплогидравлических процессов в шахте-хранилище облученных ТВС реактора ИВВ-2М // Ядерные технологии : от исследований к внедрению : сборник материалов научно-практической конференции. (Нижний Новгород, 21 ноября 2018 г.). Нижний Новгород : НГТУ, 2018. С. 18–19.
4. Русских И. М., Ташлыков О. Л. Получение радиоактивных изотопов в исследовательском ядерном реакторе для экспериментальных исследований свойств гомогенных радиационно-защитных материалов // Труды первой научно-технической конференции молодых ученых Уральского энергетического института. Екатеринбург : УрФУ, 2016. С. 254–257.
5. Kostarev V. S., Klimova V. A., Tashlykov O. L. Simulation of natural cooling modes of containers with radioactive wastes // Proceedings of the 5th International Young Researchers' Conference : Physics, Technologies and Innovation, PTI 2018. Ekaterinburg, 13–17.05.2018. American Institute of Physics Inc., 2018. Vol. 2015 (1). P. 020044. DOI: 10.1063/1.5055117
6. Исследование эффективности отвода остаточных тепловыделений облученных топливных сборок в шахте-хранилище исследовательского реактора / Д. Н. Литвинов, М. М. Севастьянов, Д. Е. Шумков, В. А. Климова, О. Л. Ташлыков // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений (Екатеринбург, 11–15 декабря 2017 г.). Екатеринбург : УрФУ, 2017. С. 842–845.